

基于 PLC 的大型公共建筑电气智能化系统设计

陈小礼

广州白云国际机场，广东 广州 510000

DOI:10.61369/ERA.2026080033

摘 要： 针对大型公共建筑中廊道空调全天连续运行导致能源浪费与设备老化、飞机空调冷凝水直排机坪造成积水湿滑等问题，设计一套基于 PLC 的电气智能化系统。该系统整合人体红外感应、温度检测、水位浮子开关及隔膜泵等设备，实现空调按需启停、模式自适应切换及冷凝水自动收集排放。系统预留 485 通信接口，支持远程监控。应用表明，该方案可有效降低空调能耗、延长设备寿命、消除地面积水隐患，为大型公共建筑节能改造提供可行技术路径。

关 键 词： PLC；大型公共建筑；电气智能化

Design of Large Public Building Electrical Intelligent System Based on PLC

Chen Xiaoli

Guangzhou Baiyun International Airport, Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： A PLC based electrical intelligent system is designed to address issues such as energy waste and equipment aging caused by continuous operation of corridor air conditioning in large public buildings, and water accumulation and slippery conditions caused by direct discharge of condensate water from aircraft air conditioning to the apron. This system integrates human infrared sensing, temperature detection, water level float switch, diaphragm pump and other equipment to achieve on-demand start stop of air conditioning, mode adaptive switching, and automatic collection and discharge of condensate water. The system reserves a 485 communication interface to support remote monitoring. The application shows that this scheme can effectively reduce air conditioning energy consumption, extend equipment life, eliminate water hazards on the ground, and provide a feasible technical path for energy-saving renovation of large public buildings.

Keywords： PLC; large public buildings; electrical intelligence

引言

大型公共建筑中暖通空调系统能耗占比高，辅助设备运行方式也直接影响现场安全。白云机场登机桥廊道空调长期 24 小时连续运行，造成电能浪费与设备加速老化，且启停依赖人工遥控，故障响应滞后；飞机空调冷凝水直排停机坪导致地面积水湿滑，安全隐患突出。采用基于可编程逻辑控制器的智能化控制技术，在不大幅更换原有设备的前提下，可实现空调按需启停、模式自适应切换及冷凝水自动排放，有效提升系统自动化水平与运行安全性。

一、项目概述

（一）项目背景

白云机场 T1、T2 航站楼登机桥廊道空调全天 24 小时连续运行，因缺乏人员感知装置且依赖人工遥控操作，造成电能浪费、设备加速老化，且无法远程监控故障状态。T2 航站楼飞机空调冷凝水直排停机坪，导致长期积水滋生青苔，地面摩擦系数下降，存在人员滑倒和车辆打滑的安全隐患。

（二）项目特点

本项目具有四个显著特点：一是改造范围明确，仅增加控制模块和排水部件，不更换空调主机和管路，成本低、施工易；二是控制逻辑匹配实际需求，廊道空调实现“有人开机、无人延时

关机、温控自适应”，冷凝水排水采用双浮子开关防止隔膜泵频繁启停；三是预留 485 通信接口，便于接入楼宇监控系统；四是施工协调可控，采用模块化预制和快速插件，多数安装可在航班间隙完成，不影响正常运营，且不改变空调保修条款^[1]。

二、系统总体设计

（一）设计原则

系统设计遵循四项基本原则。

可靠性原则。选用工业级可编程逻辑控制器和成熟传感器，如西门子、三菱等主流品牌 PLC，确保在电磁干扰环境下稳定工作。所有电气连接均采用屏蔽线缆和压接端子，减少接触不良

风险。

经济性原则。不改变原空调制冷系统和风机系统，单个登机桥改造的材料成本控制在千元以内。充分利用现有空调控制主板提供的5V电源，无需额外配置电源模块，进一步降低投入。

可维护性原则。控制程序采用梯形图编写，便于一线电工理解与修改；关键接线端子设置清晰标识，并提供纸质版接线图存档。各传感器采用插拔式接口，更换部件无需重新剥线焊接。

扩展性原则。预留不少于20%的输入输出端口容量，为将来增加烟雾探测或门禁联动功能提供条件。例如，烟雾探测可用于火灾联动关机，门禁联动可在廊道封闭时强制节能运行。同时，所有外购部件优先选用市场上长期有货的通用型号，避免因停产导致的维护困难^[2]。

（二）总体架构

系统架构分为四个层次。感知层包含人体红外感应传感器、DS18B20数字温度传感器、上下水位浮子开关以及空调风机反馈接口。控制层以可编程逻辑控制器为核心，负责接收传感器信号、执行逻辑运算并向执行层输出指令。执行层包括红外发射头（控制空调启停和模式）、隔膜泵（用于排水）以及空调原有风机。通信层通过485接口连接现场设备网，采用Modbus RTU协议，将数据汇总至中控室监控平台。这种分层结构使得每一层的功能相对独立，更换或升级某一层的设备不会对其他层产生较大影响。

（三）控制逻辑概述

廊道空调控制逻辑：当人体红外传感器检测到人员经过时，控制器读取环境温度。若温度高于26℃，发出制冷模式指令并设定三档风速；若温度在16℃至26℃之间，发出通风模式指令；若温度低于16℃，发出关机指令。当最后一人离开后，延时20分钟自动关机。冷凝水排水控制逻辑：上浮子开关闭合时启动隔膜泵排水，水位下降至下浮子开关断开时停止排水，程序设置启停回差区间防止频繁启停。故障监测逻辑：每次执行开机或关机指令后，读取风机反馈信号进行比对，若状态不符则通过485接口上传故障代码。以上逻辑均采用循环扫描方式执行，扫描周期设定为100毫秒，确保响应及时^[3]。

（四）与传统控制方式的对比

传统的廊道空调控制方式主要有两种：一是完全人工遥控操作，二是简单的定时开关。人工操作存在遗忘关闭的问题，定时开关则无法适应航班时刻的动态变化。本方案采用人体红外感应加延时关机的策略，既不需要人工干预，又能根据实际人员流动自动启停，灵活性和节能效果均优于上述传统方式。传统冷凝水处理依赖地面自然蒸发或人工清扫，效果差且不安全，本方案实现了全自动排水，从根本上解决了积水问题。

三、廊道空调红外感应智能启停控制设计

（一）人体红外感应与温度采集

人体红外感应传感器选用被动式热释电红外模块，检测范围覆盖廊道主要通道。传感器输出开关量信号接入PLC数字输入端

口。当有人经过时，传感器输出高电平，PLC识别后启动空调开启流程。

温度采集采用DS18B20数字温度传感器，该传感器经单总线与PLC连接，测量精确度达0.5℃，能够满足廊道环境温度判断需求。传感器安装位置应避开空调出风口直吹区域，以获取真实的环境温度值。

（二）红外遥控编码与发射

对现有空调遥控器的红外编码进行分析，获取开关机、制冷模式、通风模式、三档风速以及16℃、26℃对应的编码序列，存储在控制器只读存储器中。格力空调采用NEC编码格式，每帧数据包含引导码、地址码、地址反码、命令码和命令反码。当需要执行相应动作时，控制器调取编码序列，通过数字输出端口控制红外发射管以38千赫兹载波发射信号，发射距离3至5米，确保空调内机接收头可靠接收。为提高抗干扰能力，每一条指令连续发送三次，每次间隔50毫秒。

（三）空调状态反馈

从空调控制主板引出三档风机的电平反馈点，分别接入控制器的数字输入端口。控制器由此判断风机实际运转档位，形成闭环控制：发出开机指令后若20秒内反馈信号显示未启动，则重发一次指令，仍失败则报警。该设计只取信号不改变原机控制电路，安全可靠。反馈信号还能用于判断空调是否因故障中途停机，一旦检测到异常停机，控制器将记录故障时刻并上传报警^[4]。

（四）延时关机策略

人员离开后20分钟自动关机。该延时值基于典型登机桥作业场景确定：末班旅客离开后，保洁人员大约需要10至15分钟完成清扫，20分钟的延时既能保证旅客短暂折返（如遗忘物品）时空调不立即关闭，又能避免无人时空转。延时期间每次红外传感器重新触发，计时器复位，确保连续有人的情况下空调不会误关闭。现场可根据实际运营需要，通过编程软件调整延时参数，调整范围为5至30分钟。

四、飞机空调冷凝水自动排水系统设计

（一）集水箱与管路布置

在单风管桥载飞机空调前端安装桥载集水箱，用于收集前廊道空调和飞机空调两者的冷凝水。飞机空调原有出水口通过铜管连接至集水箱入口；前廊道冷凝水采用3分钢丝软管配合转接头，与铜管汇合后流入集水箱。集水箱容量经计算可满足单次运行周期内的冷凝水积蓄量。

（二）水位检测与隔膜泵控制

集水箱内安装上下两个水位浮子开关。下浮子安装于底部向上5厘米处，上浮子安装于顶部向下5厘米处。两个浮子开关的信号线接入控制器数字输入端口。选用直流12伏微型隔膜泵，扬程8米，流量每分钟3升，具有自吸功能，最大吸程2米。控制器通过继电器控制隔膜泵启停。为防止长时间空转烧毁水泵，设置最长运行时间保护：若连续运行超过3分钟仍未收到下浮子断开信号，则强行停止并上传报警，提示人工检查水箱是否出口堵塞或

水泵故障^[5]。

（三）管路连接与排水去向

飞机空调冷凝水出口使用外径10毫米的紫铜管连接至集水箱，接头处缠绕生料带并涂抹螺纹密封胶，防止制冷剂泄漏。前廊道冷凝水采用内径8毫米的三分钢丝软管连接，通过变径转接头与铜管汇合后接入集水箱。排水管选用内径10毫米的增强尼龙软管，接头使用不锈钢喉箍紧固。所有管路均使用管卡固定在登机桥结构梁上，间距不超过500毫米，避免振动导致脱落。隔膜泵出水管引至风机房水槽，冷凝水与原有排水混合后可再利用于绿化或卫生清洁，实现水资源回收。

（四）电气安全与防护措施

隔膜泵和浮子开关的工作电压均为直流12伏或直流5伏，属于安全特低电压，即使在潮湿环境下也不会对人员造成触电危险。控制器部分从空调控制主板取5伏电源，该电源本身由空调内部开关电源隔离提供。所有外露接线端子均采用防水接线盒封闭，防护等级达到IP65，可防止灰尘和低压喷水侵入。

五、通信与远程监控设计

（一）485通信网络

PLC预留485通信接口，采用Modbus RTU协议。接口可向外发送当前廊道环境温度、空调启停状态、集水箱水位状态、隔膜泵运行状态等数据。现场设备网通过485总线连接多个登机桥的控制节点，将数据汇总至中控室监控平台。

（二）上传数据内容

每个控制器上传以下数据：当前环境温度（精确到0.5℃）、空调实际运行状态（0关机、1制冷、2通风）、当前风机档位（0停止、1低速、2中速、3高速）、累计运行时间（小时）、隔膜泵累计启动次数、上水位报警标志（1表示触发了上水位）、故障代码（0无故障、1风机反馈异常、2隔膜泵超时）。上述数据以16位整数的形式存储在保持寄存器中，监控系统读取后进行换算显示。数据更新频率与轮询周期一致，即每2秒刷新一次。

（三）中控室监控功能

监控计算机安装组态软件，以图形化界面展示每条登机桥的空调状态和排水系统工作状态。总览图中用不同颜色表示运行状态：绿色为制冷模式运行，黄色为通风模式运行，灰色为关机，红色为故障。点击图标后可进入详细页面，查看温度变化曲线（最近24小时）、启停历史记录、累计运行时长等参数。报警信息

以弹窗和声音提示值班人员，并自动记录报警时间和内容到数据库，便于事后追溯。中控室操作人员可远程执行强制开关机和温度设定修改，所有远程指令需二次确认，操作记录保存于数据库日志，防止误操作且具备可审计性。

六、系统调试与运行效果

（一）调试步骤

完成所有硬件安装和接线后，通电检查PLC电源指示灯及各传感器供电是否正常。使用编程软件下载控制程序至PLC，依次模拟人员经过、温度变化、水位上升等工况，观察空调是否按预期动作、隔膜泵是否在设定水位启停。通过485接口读取上传数据，核对数值是否与现场一致。

（二）运行效果

系统投入运行后，廊道空调不再24小时连续运转。在无旅客时段，空调自动关闭，仅在有人通过时启动，有效降低了电能消耗。同时，由于运行时长缩短，空调压缩机及相关部件的老化速度减缓，维修频率下降。冷凝水自动排水系统使停机坪地面保持干燥，青苔不再滋生，消除了滑倒和打滑的安全隐患。管理人员可在中控室实时查看所有设备状态，故障响应时间大幅缩短。

（三）存在问题与改进方向

在实际运行中发现，个别情况下（如极高温天气同时日照强烈）红外传感器可能出现误触发，原因是空调出风口冷气与外部热空气对流造成的温度波动被传感器误判。后续改进可采用双鉴探头（红外加微波）或调整传感器灵敏度参数来减少误报。另外，隔膜泵长期运行后可能存在橡胶膜片老化问题，建议每两年更换一次膜片作为预防性维护。

七、结束语

基于PLC的电气智能化系统针对廊道空调全天运行与冷凝水直排两大痛点，采用红外感应实现空调按需启停，配合温度自适应调节，有效降低能耗并延长设备寿命；通过集水箱、浮子开关与隔膜泵实现冷凝水自动收集排放，消除地面湿滑隐患。预留485通信接口支持远程监控，使设备管理由被动巡检转向主动预警。该方案技术成熟、改造成本低、施工影响小，节能与安全效益显著，可在其他大型公共建筑中推广应用。

参考文献

- [1] 张才伟，罗长发，张鑫，等. 基于PLC的大型公共建筑电气智能化系统设计分析[J]. 中国设备工程, 2024(6):30-32.
- [2] 宋铭洁. 基于PLC的大型公共建筑电气智能化系统设计[J]. 中国建筑金属结构, 2023, 22(8):95-97.
- [3] 李兆楠. 基于PLC的大型公共建筑电气智能化系统设计[J]. 砖瓦世界, 2022(10):181-183.
- [4] 刘玉强. 基于PLC的大型公共建筑电气智能化系统设计[J]. 数字化用户, 2024(10):199-200.
- [5] 李萌. 基于PLC的大型公共建筑电气智能化系统设计[J]. 数码设计(下), 2021, 10(6):156.